ТЕХНОЛОГИЯ И ОРГАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА

Check for updates

Научная статья

УДК 693

https://doi.org/10.23947/2949-1835-2023-2-4-94-103

Контроль качества скрытых строительных работ по фотоснимкам, прилагаемым к актам освидетельствования

О.А. Мамонова , Е.А. Жолобова ✉

Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

✉ Elena@rniiakh.ru

Аннотация

Введение. В строительном производстве проблему повышения достоверности информации, содержащейся в актах освидетельствования скрытых работ, все чаще решают с помощью их фотофиксации. Основываясь на результатах ранее выполненных исследований, авторы доказывают, что, используя диагностическую информативность фотоснимков, можно не только подтверждать факт выполнения скрытых работ в нужном объеме, но и получать дополнительную информацию об их качестве. Для эффективного извлечения этой информации необходима разработка метода контроля качества скрытых строительных работ по фотоснимкам, прилагаемым к актам освидетельствования, с учетом современных научных достижений в области фотограмметрии и цветотекстурного анализа фотографических изображений.

Материал и методы. В основу разрабатываемого метода контроля качества скрытых строительных работ положено применение контурного, пиксельного, макро- и микротекстурного анализа фотографических изображений. При разработке метода были использованы результаты многочисленных визуальных обследований строительных конструкций (в том числе со вскрытием внутренних их элементов) и сопоставление этих результатов с информацией, содержащейся в актах освидетельствования скрытых работ.

Результаты исследования. В статье представлены результаты выполненного в Донском государственном техническом университете исследования по разработке метода контроля качества скрытых строительных работ по фотоснимкам, прилагаемым к актам освидетельствования. Представлены разработанные авторами алгоритмы процессов анализа фотоснимков строительных конструкций для контроля их качества. Даны предложения по систематизации и хранению типовых текстур поверхностей строительных конструкций.

Обсуждение и заключение. Приоритетным условием успешного применения нового метода контроля качества скрытых строительных работ является его методическое обеспечение, устанавливающее единый порядок их фотофиксации, дополнительные требования к составу и параметрам фотоснимков, правила оформления, хранения и использования их в качестве приложений к оформляемым актам освидетельствования скрытых строительных работ, а также регламент выполнения комплексного анализа фотоснимков с применением соответствующего программного обеспечения.

Ключевые слова: строительство, скрытые работы, акты освидетельствования, контроль качества, фотографические изображения, цветотекстурный анализ

Для цитирования. Мамонова О.А., Жолобова Е.А. Контроль качества скрытых строительных работ по фотоснимкам, прилагаемым к актам освидетельствования. *Современные тенденции в строительстве, градостроительстве и планировке территорий.* 2023;2(4):94–103. https://doi.org/10.23947/2949-1835-2023-2-4-94-103

Original article

Quality Control of the Hidden Construction Works by Means of Photographs Attached to the Certificates of Inspection

Olga A. Mamonova , **Elena A. Zholobova** ✉

Don State Technical University, 1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, Russian Federation

✉ Elena@rniiakh.ru

Abstract

Introduction. Within construction operations the problem of making more trustworthy the information included in the certificates of inspection of hidden works is most often solved by means of photofixation thereof. Based on the previous research results, the authors prove that diagnostic informativeness of the photographs can be used not only to confirm the fact of executing the hidden works in the required scope, but also to get additional information about their quality. To be able to retrieve this information efficiently it is necessary to develop the methodology for controlling quality of the hidden construction works by means of the photographs attached to the certificates of inspection, using advanced scientific achievements in the field of photogrammetry and colour texture analysis of photographic images.

Materials and Methods. The developed quality control methodology of the hidden construction works is based on the use of contour, pixel, macro- and micro-texture analysis of the photographic images. When developing the present methodology, the results of numerous visual examinations of the building structures (including their internal elements' uncovering) have been used and compared against the information in the certificates of inspection of hidden works.

Results. The article presents the results of the study conducted at Don State Technical University on development of the quality control methodology of the hidden construction works by means of the photographs attached to the certificates of inspection. The algorithms developed by the authors for analysing the photographs of the building structures to control their quality have been presented. The proposals on systematisation and storage of the typical textures of the building structure surfaces have been provided.

Discussion and Conclusion. The foremost condition for successful implementation of the new methodology of the hidden construction works quality control is its methodological support, which determines the unified procedure for photofixation, additional requirements to the combination and parameters of photographs, rules of their registration, storage and use as annexes to the certificates of inspection of hidden works, as well as provides the guidelines for the comprehensive analysis of photographs using the appropriate software.

Keywords: construction, hidden works, certificates of inspection, quality control, photographic images, colour texture analysis.

For citation. Mamonova OA, Zholobova EA. Quality Control of the Hidden Construction Works by Means of Photographs Attached to the Certificates of Inspection. *Modern Trends in Construction, Urban and Territorial Planning.* 2023;2(4):94–103. https://doi.org/10.23947/2949-1835-2023-2-4-94-103

Введение. При контрольном вскрытии внутренних слоев или других элементов строительных конструкций, например, при выяснении причин их неработоспособного состояния, нередко выявляются случаи недостоверности содержащейся в актах освидетельствования скрытых работ информации по утвержденной проектной документации. Для обеспечения надежной защиты от проявления случаев недобросовестности и злоупотребления при оформлении таких актов целесообразно дополнять их фотоснимками, подтверждающими факт выполнения этих работ.

В соответствии с ГОСТ Р 70108-2022[1] лицо, осуществляющее строительство (генподрядчик или субподрядчик), может производить фотофиксацию подлежащих освидетельствованию скрытых работ с внесением запечатленной информации в комплект выходных материалов. Необходимость осуществления такой фотофиксации с включением полученных фотоснимков в приложения к актам освидетельствования скрытых работ устанавливается договором строительного подряда.

Результаты ранее выполненных авторами исследований [1] показали, что фотоснимки строительных конструкций обладают диагностической информативностью, которая позволяет дистанционно контролировать их

[1] ГОСТ Р 70108-2022. *Документация исполнительная. Формирование и ведение в электронном виде*. М.: ФГБУ «РСТ», 2022. 40 с.

качество. С развитием методов цветотекстурного анализа фотографических изображений [2–10] объем информации, которую можно получить о состоянии представленных на них конструкций, значительно увеличивается. Поэтому в настоящее время стало возможным использование фотоснимков не только для документального подтверждения фактически выполненных работ, но и в качестве источников генезисной и диагностической информации о состоянии внутренних (скрытых) элементов строительной конструкции, доступ к которым затруднен.

Выявленные авторами закономерности влияния многочисленных факторов на диагностическую информативность фотографических изображений [11] позволяют определять по ним не только вид используемых в строительной конструкции материалов, но и судить о некоторых их свойствах: влажности, водопоглощении, водоудерживающей способности, степени уплотнения, прочности и деструкции, тем самым многократно повышая ценность этих фотоснимков.

Для возможности практического применения в строительном производстве всех перечисленных научных результатов необходима разработка метода контроля качества скрытых строительных работ по фотоснимкам, прилагаемым к актам освидетельствования.

Материалы и методы. В основу разрабатываемого метода контроля качества скрытых строительных работ положено применение фотограмметрии и различных методов цветотекстурного анализа фотографических изображений [12–20], и в частности контурного, пиксельного, макро- и микротекстурного анализа.

При разработке метода были использованы результаты многочисленных визуальных обследований строительных конструкций (в том числе со вскрытием внутренних их элементов) и сопоставление этих результатов с информацией, содержащейся в актах освидетельствования скрытых работ. Для проверки достоверности диагностической информации о качестве скрытых работ, получаемой из фотоснимков, там, где это было возможно, применялась дефектоскопия строительных конструкций.

При этом авторами метода учитывался существующий порядок фотофиксации скрытых работ, установленный в ГОСТ Р 70108-2022, согласно которому:

– фотофиксацию осуществляют фотоаппаратом или другим устройством, позволяющим получать цветные фотоснимки, отражающие характерные параметры строительной конструкции с привязкой к координатам объекта (например, с указанием наименования изображенной строительной конструкции, координатной оси, этажа или высотной отметки и т. п.) и факт выполнения контролируемых работ;

– при фотосъемке обеспечивают фокусировку и неподвижность камеры, а также устраняют все возможные препятствия для съемки;

– запрещается всякое редактирование получаемого фотографического изображения, например, путем его обрезки, изменения яркости, контрастности и цветности;

– фотодокументы должны иметь разрешение не менее 2592x1944, допускаемые форматы изображения — JPEG, tiff или png. Размер одного фотодокумента должен быть не менее 3 Мбайт и не превышать 30 Мбайт.

Результаты исследования. Исследование, связанное с разработкой метода контроля качества скрытых строительных работ по фотоснимкам, прилагаемым к актам освидетельствования, выполнено в Донском государственном техническом университете на кафедрах «Технология строительного производства» и «Математика и информатика».

На первом этапе исследования авторами произведен выбор диагностически ценных, выявляемых по фотоснимкам, признаков качества внутренних (скрытых) элементов строительных конструкций. При этом обоснованы состав и очередность выполнения процедур, обеспечивающих выявление этих признаков на стадиях контурного, макро- и микротекстурного, а также пиксельного анализа фотографических изображений. Указанные признаки и процедуры представлены в таблице 1.

На втором этапе исследования разработаны алгоритмы процессов анализа фотографических изображений строительных конструкций для контроля их качества.

На стадии контурного анализа фотографических изображений целесообразно использовать известные методы фотограмметрии. В разрабатываемом методе анализа новыми являются стадии макро- и микротекстурного, а также пиксельного анализа изображений, которые являются элементами цветотекстурного анализа.

Предложенный авторами алгоритм процесса контроля качества скрытых строительных работ на основе цветотекстурного анализа фотографических изображений учитывает существование сформулированных в соответствии с действующими сводами правил диагностически ценных признаков качества внутренних (скрытых) элементов конструкций, а также возможность сочетания методов фотограмметрии и методов цветотекстурного анализа. Алгоритм такого процесса для ограждающих конструкций, в котором блок цветотекстурного анализа фотографических изображений является главным, оформлен в виде блок-схемы в соответствии с ГОСТ 19.701-90[2] и представлен на рис. 1.

[2] ГОСТ 19.701-90 *Схемы алгоритмов, программ, данных и систем. Обозначения условные и правила выполнения.* М. Стандартинформ, 2010. 26 с.

Таблица 1

Основные диагностически ценные признаки качества строительных конструкций

Стадии анализа фотоснимков	Краткое описание диагностически ценных признаков качества строительных конструкций	Процедуры выявления диагностически ценных признаков
Контурный	Соответствие проектной документации геометрических размеров строительных конструкций и их элементов	Сегментация, фотограмметрия
	Величина отклонения поверхностей стен и колонн от вертикали, а рядов кладки перегородок и стен — от горизонтали	То же
	Недопустимое смещение элементов конструкций от проектного положения	—
	Несоответствие уклона кровли проекту	—
	Прогиб несущих элементов перекрытия и покрытия	—
	Величина нахлестки рулонных и листовых материалов	—
	Величина неровностей поверхностей ограждающих конструкций	Теневой метод
Макротекстурный	Правильность допущенной перевязки швов кладки	Сегментация и распознавание макротекстуры изображения
	Порядок чередования в кирпичной кладке тычковых и ложковых рядов	То же
	Соответствие проектной документации вида использованных штучных материалов	—
	Направление раскатки в кровле и пароизоляции полотнищ рулонного материала	Фурье-анализ
Микротекстурный	Соответствие формы и размеров поперечного сечения растворных швов, обрешетки и других линейных элементов установленным требованиям	Построение и анализ профилей фотографического изображения
	Качество уплотнения теплоизоляции из насыпных материалов	То же
	Наличие локальных повреждений и дефектов на поверхности строительной конструкции или ее элемента (трещин, разрывов, наплывов, складок, загрязнений, ржавчины и др.).	Сегментация, распознавание микротекстуры изображения
	Ширина раскрытия трещин	—
	Признак отсутствия армирования горизонтальных швов в кирпичной кладке стен и столбов	То же
	Полное или частичное отсутствие отдельных слоев или других элементов строительной конструкции	—
	Зерновой состав материала насыпного слоя	Сегментация изображения
Пиксельный	Наличие или отсутствие заданного в проектной документации блеска окрасочного покрытия	Построение и анализ гистограммы изображения
	Соответствие проектной документации вида использованных в конструкции нештучных материалов	То же
	Соответствие степени деструкции, влажности, зрелости цементосодержащих растворов и бетонов предъявляемым к ним требованиям	—
	Соответствие проектной документации цвета отделочного покрытия	—

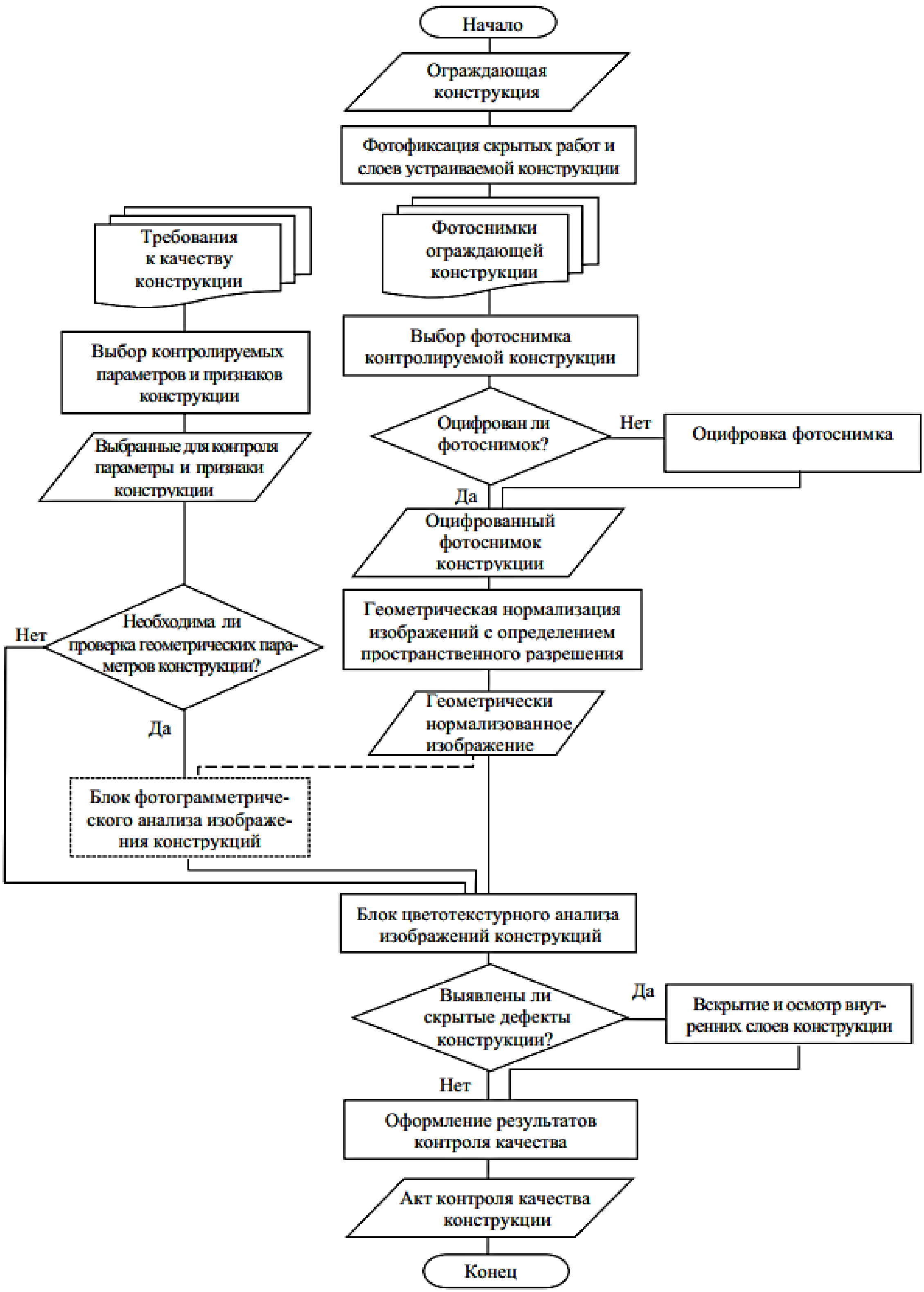


Рис. 1. Алгоритм процесса контроля качества скрытых строительных работ на основе фотограмметрического и цветотекстурного анализа фотографических изображений

Алгоритм цветотекстурного анализа фотографических изображений ограждающих строительных конструкций предусматривает наличие заранее заполненных таблиц с фотографическими изображениями строительных материалов, иллюстрирующими закономерности изменения структуры цвета их поверхностей и картотеки текстур этих изображений. Алгоритмом предусмотрена возможность выбора ручного или автоматизированного вы-

полнения многих процедур цветотекстурного анализа, что делает его менее зависимым от программной и технической оснащенности инженерно-технического работника, осуществляющего контроль качества строительства, а также использования не только стандартных процедур цветотекстурного анализа фотографических изображений, но и процедур, специально разработанных авторами. В качестве примера на рис. 2 в виде блок-схемы представлен алгоритм цветотекстурного анализа фотографических изображений ограждающих конструкций.

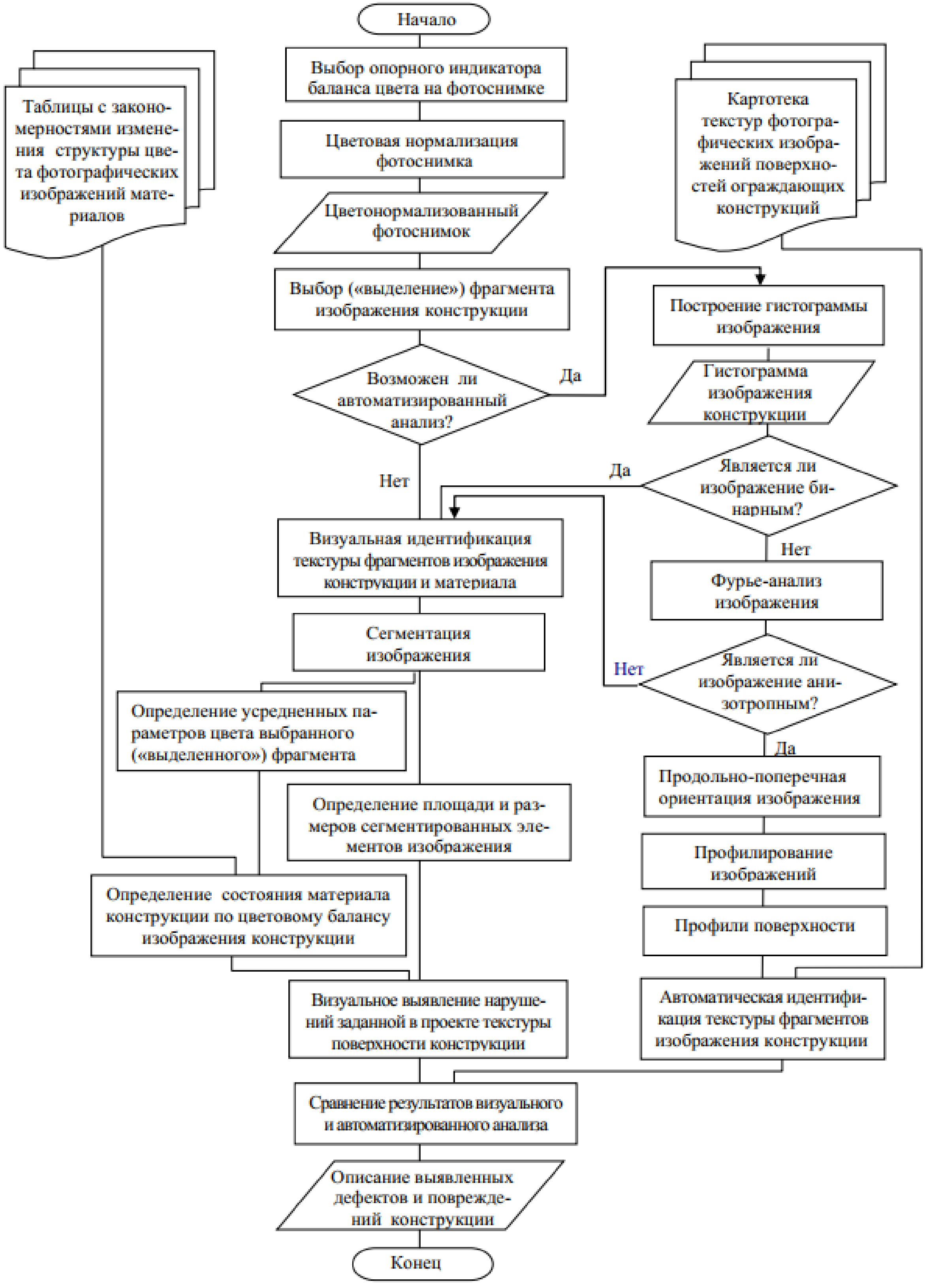


Рис. 2. Алгоритм цветотекстурного анализа фотографических изображений ограждающих строительных конструкций

На следующем этапе исследования авторами установлена невозможность автоматического распознавания текстур фотографических изображений строительных конструкций без создания обширной базы данных с изображениями текстур всевозможных строительных материалов, используемых при устройстве слоев указанных конструкций.

Для систематизации и хранения типовых текстур фотографических изображений предлагается создать банк таких текстур, структуру которого, например, для ограждающих конструкций зданий и сооружений, можно сформировать в соответствии с предложенной авторами классификацией функциональных слоев этих конструкций, представленной в таблице 2, и классификацией текстур — в таблице 3.

Таблица 2

Структура банка микротекстур поверхностей строительных материалов, используемых в ограждающих конструкциях зданий и сооружений

Вид материала	Наименование материала (марка, сорт или класс)	Влажностное состояние			Зрелость[1], %			Шероховатость поверхности		Степень деструкции		Номер строки
		Сухое	Воздушно-сухое	Водонасыщенное	0	50	100	Минимальная	Максимальная	Минимальная	Максимальная	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
												1
												2
												и т. д.

Примечание: [1]зрелость материала учитывается только для цементосодержащих бетонов и растворов; ячейки таблицы, выделенные заливкой, служат для ввода и хранения типовых микротекстур.

Таблица 3

Структура банка макротекстур поверхностей слоев ограждающих строительных конструкций зданий и сооружений

Вид (тип) ограждающей конструкции	Наименование элемента (слоя) ограждающей конструкции	Вид основного материала	Метод укладки	Вид освещения поверхности			Номер строки
				Фронтальное	Боковое	Рассеянное	
1	2	3	4	5	6	7	8
							1
							2
							и т. д.

Примечание: ячейки таблицы, выделенные заливкой, служат для ввода и хранения типовых макротекстур.

При оформлении результатов анализа фотоснимков скрытых работ в тексте заключения целесообразно указать регистрационные номера (коды) фотоснимков и выявленные строительные дефекты. Изображения всех выявленных дефектов конструкции на фотоснимках можно выделить автоматически (с помощью сегментации изображения) или вручную. При признании несоответствия качества материала, использованного при устройстве конструкции, предъявляемым требованиям в заключении рекомендуется привести фрагменты изображения и типовой микротекстуры предусмотренного проектом материала.

Обсуждение и заключение. Учитывая заинтересованность заказчиков строительства в повышении достоверности информации, содержащейся в актах освидетельствования скрытых строительных работ, целесообразно до принятия ведомственных и государственных документов стандартизации, регламентирующих порядок применения предлагаемого авторами нового метода контроля качества, начать его внедрение в практику на добровольной основе, когда по договору с заказчиком подрядчик принимает на себя функции по фотофиксации выполняемых скрытых строительных работ с оформлением соответствующих выходных материалов.

Приоритетным условием успешного применения нового метода контроля качества скрытых строительных работ является его методическое обеспечение, устанавливающее единый порядок фотофиксации, дополнительные требования к составу и параметрам фотоснимков, правила оформления, хранения и использования их в качестве приложений к оформляемым актам освидетельствования скрытых строительных работ, а также регламент выполнения комплексного анализа фотоснимков с применением соответствующего программного обеспечения.

Для повсеместного применения предлагаемого метода контроля качества потребуется утверждение на государственном или ведомственном уровне общих положений, обязывающих участников строительства осуществлять фотофиксацию скрытых строительных работ при их освидетельствовании и прилагать фотодокументы к составляемым при этом актам.

По мере развития информационных технологий и фототехнических средств предлагаемый метод будет развиваться в направлении:

– повышения информативности фотографических изображений;

– автоматизации процесса цветотекстурного анализа фотографических изображений;

– расширения области применения метода контроля на другие труднодоступные и ответственные строительные конструкции.

Выполнение вышеперечисленных мероприятий позволит обеспечить эффективное применение предлагаемого метода контроля в строительстве, что будет способствовать повышению его качества.

Список литературы

1. Жолобова О.А. Производственный контроль качества каменных стен и других ограждающих конструкций зданий по фотографическим изображениям. *Вестник МГСУ.* 2013;11:234−240. http://doi.org/10.22227/1997-0935.2013.11.234-240

2. Гонсалес Р. *Цифровая обработка изображений.* Москва: Техносфера; 2012. 1104 с.

3. Ahmadvand A., Daliri M.R. Invariant Texture Classification Using a Spatial Filter Bank in Multi-resolution Analysis. *Image and Vision Computing.* 2016;45:1−10. https://doi.org/10.1016/j.imavis.2015.10.002

4. Armi L., Fekri-Ershad S. Texture image analysis and texture Classification Methods — A Review. *International Online Journal of Image Processing and Pattern Recognition.* 2019;2(1):1−29. https://doi.org/10.48550/arXiv.1904.06554

5. Bianconi F., González E., Fernández A., Saetta S. Automatic classification of granite tiles through colour and txture features. *Expert systems with applications.* 2012;39(12):11212–11218. https://doi.org/10.1016/j.eswa.2012.03.052

6. Charles Y.R., Ramraj R.A Novel local mesh color texture pattern for image retrieval system. *AEU-international journal of electronics and communications.* 2016;70(3):225−233. https://doi.org/10.1016/j.aeue.2015.11.009

7. Kabbai L., Abdellaoui M., Douik A. Image Classification by Combining Local and Global Features. *The Visual Computer*. 2019;35:679−693. https://doi.org/10.1007/s00371-018-1503-0

8. Fekri-Ershad S., Tajeripour F. Impulse-Noise Resistant Color-Texture Classification Approach Using Hybrid Color Local Binary Patterns and Kullback–Leibler Divergence. *Computer Journal.* 2017;60(11):1633−1648. https://doi.org/10.1093/comjnl/bxx033

9. Shu X., Song Z., Shi J., Huang S., Wu X-J. Multiple Channels Local Binary Pattern for Color Texture Representation and Classification. *Signal Processing: Image Communication*. 2021;98:116392. https://doi.org/10.1016/j.image.2021.116392

10. Tanyildizi E. A Hybrid Color Texture Image Classification Method Based on 2D and Semi 3D Texture Features and Extreme Learning Machine. *Przeglad Elektrotechniczny*. 2012;88(11):358-362. URL: https://www.researchgate.net/publication/286943018_A_hybrid_color_texture_image_classification_method_based_on_2D_and_semi_3D_texture_features_and_extreme_learning_machine (дата обращения: 09.11.2023).

11. Жолобова О.А., Иванникова Н.А. Предложения по совершенствованию производственного контроля качества наружных стен и покрытий современных зданий. *Промышленное и гражданское строительство.* 2014;(6):24−27.

12. Adamopoulos E., Rinaudo F. Combining Multiband Imaging, Photogrammetric Techniques, and FOSS GIS for Affordable Degradation Mapping of Stone Monuments. *Buildings.* 2021;11(7):304. https://doi.org/10.3390/buildings11070304

13. Mesa P.H., Anastasiadis J., León F.P. Identification and Sorting of Regular Textures according to Their Similarity. In: *Proceedings of SPIE. Volume 9530. Automated Visual Inspection and Machine Vision.* Munich: SPIE Optical Metrology; 2015. 95300A. https://doi.org/10.1117/12.2184439

14. Galantucci R.A., Fatiguso F. Advanced Damage Detection Techniques in Historical Buildings Using Digital Photogrammetry and 3D Surface Analysis. *Journal of Cultural Heritage.* 2019;36:51–62. https://doi.org/10.1016/j.culher.2018.09.014

15. Jalón M.L., Chiachío J., Gil-Martín L.M., Hernández-Montes E. Probabilistic Identification of Surface Recession Patterns in Heritage Buildings Based on Digital Photogrammetry. *Journal of Building Engineering.* 2021;34:101922. https://doi.org/10.1016/j.jobe.2020.101922

16. Liu Z., Brigham R., Long E.R., Wilson L., Frost A., Orr S.A. et al. Semantic Segmentation and Photogrammetry of Crowdsourced Images to Monitor Historic Facades. *Heritage Science.* 2022;10:27. https://doi.org/10.1186/s40494-022-00664-y

17. Napolitano R., Glisic B. Methodology for diagnosing crack patterns in masonry structures using photogrammetry and distinct element modeling. *Engineering structures.* 2019;181:519–528. https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2018.12.036

18. Strząbała K., Ćwiąkała P., Gruszczyński W., Puniach E., Matwij W. Determining changes in building tilts based on uav photogrammetry. *Measurement.* 2022;202:111772. https://doi.org/10.1016/j.measurement.2022.111772

19. Vincke S., Bassier M., Vergauwen M. Image recording challenges for photogrammetric construction site monitoring. *The international archives of the photogrammetry, remote sensing and spatial information sciences.* 2019;XLII-2/W9:747−753. https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-2-W9-747-2019

20. Визильтер Ю.В., Желтов С.Ю., Бондаренко А.В. *Обработка и анализ изображений в задачах машинного зрения.* Москва: Физматкнига; 2010. 672 с.

References

19. Zholobova OA. Manufacturing Quality Control of Stone Walls and Other Enclosing Structures of Buildings Based on Photographic Images. *Vestnik MGSU* 2013;(11):234−240. http://doi.org/10.22227/1997-0935.2013.11.234-240 (in Rus.)

20. Gonsales R. *Digital Image Processing.* Moscow: Tekhnosfera; 2012. 1104 p. (in Rus.)

21. Ahmadvand A, Daliri MR. Invariant Texture Classification Using a Spatial Filter Bank in Multi-resolution Analysis. *Image and Vision Computing.* 2016;45:1−10. https://doi.org/10.1016/j.imavis.2015.10.002

22. Armi L, Fekri-Ershad S. Texture Image Analysis and Texture Classification Methods - A Review. *International Online Journal of Image Processing and Pattern Recognition.* 2019;2(1):1−29. https://doi.org/10.48550/arXiv.1904.06554

23. Bianconi F, González E, Fernández A, Saetta S. Automatic Classification of Granite Tiles Through Colour and Texture Features. *Expert Systems with Applications.* 2012;39(12):11212–11218. https://doi.org/10.1016/j.eswa.2012.03.052

24. Charles YR, Ramraj R. A Novel Local Mesh Color Texture Pattern for Image Retrieval System. *AEU-International Journal of Electronics and Communications.* 2016;70(3):225−233. https://doi.org/10.1016/j.aeue.2015.11.009

25. Kabbai L, Abdellaoui M, Douik A. Image Classification by Combining Local and Global Features. *The Visual Computer.* 2019;35:679−693. https://doi.org/10.1007/s00371-018-1503-0

26. Fekri-Ershad S, Tajeripour F. Impulse-Noise Resistant Color-Texture Classification Approach Using Hybrid Color Local Binary Patterns and Kullback–Leibler Divergence. *Computer Journal.* 2017;60(11):1633−1648. https://doi.org/10.1093/comjnl/bxx033

27. Shu X., Song Z, Shi J, Huang S, Wu XJ. Multiple Channels Local Binary Pattern for Color Texture Representation and Classification. *Signal Processing: Image Communication.* 2021;98:116392. https://doi.org/10.1016/j.image.2021.116392

28. Tanyildizi E. A Hybrid Color Texture Image Classification Method Based on 2D and Semi 3D Texture Features and Extreme Learning Machine. *Przeglad Elektrotechniczny.* 2012;88(11):358-362. URL: https://www.researchgate.net/publication/286943018_A_hybrid_color_texture_image_classification_method_based_on_2D_and_semi_3D_texture_features_and_extreme_learning_machine (accessed: 09.11.2023).

29. Zholobova OA, Ivannikova NA. Suggestions about Improving the Process Monitoring of External Wall and Coatings Quality of Modern Buildings. *Industrial and Civil Engineering.* 2014;(6):24−27. (in Rus.)

30. Adamopoulos E, Rinaudo F. Combining Multiband Imaging, Photogrammetric Techniques, and FOSS GIS for Affordable Degradation Mapping of Stone Monuments. *Buildings.* 2021;11(7):304. https://doi.org/10.3390/buildings11070304

31. Mesa PH, Anastasiadis J, León FP. Identification and Sorting of Regular Textures According to Their Similarity. In: *Proceedings of SPIE. Volume 9530. Automated Visual Inspection and Machine Vision.* Munich: SPIE Optical Metrology; 2015. 95300A. https://doi.org/10.1117/12.2184439

32. Galantucci RA, Fatiguso F. Advanced Damage Detection Techniques in Historical Buildings Using Digital Photogrammetry and 3D Surface Analysis. *Journal of Cultural Heritage.* 2019;36:51–62. https://doi.org/10.1016/j.culher.2018.09.014

33. Jalón ML, Chiachío J, Gil-Martín LM, Hernández-Montes E. Probabilistic Identification of Surface Recession Patterns in Heritage Buildings Based on Digital Photogrammetry. *Journal of Building Engineering*. 2021;34:101922. https://doi.org/10.1016/j.jobe.2020.101922

34. Liu Z, Brigham R, Long ER, Wilson L, Frost A, Orr SA et al. Semantic Segmentation and Photogrammetry of Crowdsourced Images to Monitor Historic Facades. *Heritage Science*. 2022;10:27. https://doi.org/10.1186/s40494-022-00664-y

35. Napolitano R, Glisic B. Methodology for Diagnosing Crack Patterns in Masonry Structures Using Photogrammetry and Distinct Element Modeling. *Engineering Structures*. 2019;181:519–528. https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2018.12.036

36. Strząbała K, Ćwiąkała P, Gruszczyński W, Puniach E, Matwij W. Determining Changes in Building Tilts Based on UAV Photogrammetry. *Measurement*. 2022;202:111772. https://doi.org/10.1016/j.measurement.2022.111772

37. Vincke S, Bassier M, Vergauwen M. Image Recording Challenges for Photogrammetric Construction Site Monitoring. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*. 2019; XLII-2/W9:747−753. https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-2-W9-747-2019

38. Vizil'ter YV, Zheltov SY, Bondarenko AV. *Image processing and analysis in machine vision tasks. Moscow:* Fizmatkniga; 2010. 672 p. (in Rus.).

Поступила в редакцию 10.11.2023
Поступила после рецензирования 20.11.2023
Принята к публикации 23.10.2023

Об авторах:

Мамонова Ольга Александровна, доцент кафедры «Математика и информатика» Донского государственного технического университета (344003, РФ, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), кандидат технических наук, ORCID, olga2.009@yandex.ru

Жолобова Елена Александровна, доцент кафедры «Технология строительного производства» Донского государственного технического университета (344003, РФ, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), кандидат технических наук, ScopusID, ORCID, Elena@rniiakh.ru

Заявленный вклад соавторов:

Мамонова О.А. — формирование рабочей гипотезы, цели и задачи исследования, подготовка текста, формирование выводов;

Жолобова Е.А. — обзор литературных источников, анализ и обобщение результатов исследования, доработка текста, оформление иллюстрации.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Received 10.11.2023
Revised 20.11.2023
Accepted 23.11.2023

About the Authors:

Olga A. Mamonova, Cand.Sci. (Engineering), Associate Professor of the Mathematics and Computer Science Department, Don State Technical University (1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344003, RF), ORCID, olga2.009@yandex.ru

Elena A. Zholobova, Cand.Sci. (Engineering), Associate Professor of the Construction Operations Technologies Department, Don State Technical University (1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344003, RF), ScopusID, ORCID, Elena@rniiakh.ru

Claimed contributorship:

Mamonova OA— formulating the working hypothesis, aim and objective of the research, preparing the text, drawing up the conclusions;

Zholobova EA— literature sources review, analysis and synthesis of research results, refining the text, design of illustrations.

Conflict of interest statement: the authors do not have any conflict of interest.

All authors have read and approved the final manuscript.